doi:10.13866/j.azr.2019.04.23

吉林省降雪初终日时空变化特征①

王丽伟[1]，黄晓龙[2]，许 晖[1]，任景全[3]，马云飞[1]，刘玉英[1]

（1. 吉林省气象信息网络中心，吉林 长春 130062；
2. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室，四川省气象探测数据中心，四川 成都 610072；
3. 吉林省气象科学研究所，吉林 长春 130062）

摘 要：利用吉林省1961—2015年逐日降水和天气现象资料，对降雪初、终日的时空变化特征进行了分析。结果表明：吉林省降雪平均日期始于10月22日，止于次年4月18日。降雪初、终日存在空间差异，东部山区开始早结束晚，西部平原开始晚结束早。降雪初、终日的空间第一模态为全省一致的偏早（晚）型，初日第二空间模态为南北反向型，终日第二向量场为东西反向型。初日集中在10、11月，以10月中旬出现概率最大，终日集中在3—5月，以4月中旬出现概率最大。初日存在8 a强显著周期，终日存在5 a强显著周期。降雪初、终日与大气环流有直接关系，初日推迟年西太平洋副高面积偏小、偏北，提前年副高面积偏大、偏南；终日推迟年副高面积偏小、偏南，提前年副高面积偏大、偏北。降雪初、终日还与地理环境有关，降雪初日随海拔的降低呈推迟趋势，终日则随着纬度升高和海拔降低呈提前趋势。

关键词：降雪；初始日期；终止日期；时空变化；吉林

降雪是固态降水形式，降雪过程能够短时间内突变式提升地表反照率，引发地表净辐射、感热和潜热等能量平衡关系的变化，从而影响区域气候系统的变化[1]。降雪形成的积雪是重要的淡水资源，融雪形成的径流为河流提供补给[2]。降雪不仅对气候环境有影响[3]，它也受很多气候因素和环流形势的影响[4-6]。研究表明，降雪存在明显的地域与季节差异[7-9]。降雪量、降雪日数、降雪强度与地理因素有关，多发生在高海拔、高纬度地区[10-13]。东北作为我国主要降雪区之一，有研究者分析了辽宁和黑龙江降雪气候变化特征及影响因素[14-20]。

吉林省（121°~131°E，41°~46°N）是我国主要粮食产区之一，位于东北地区的中部，属温带大陆性气候，地势由东南向西北倾斜，分为东部山地和中西部平原两大地貌类型。对于该区域的降雪已有一些研究，既有对中南部强降雪天气以及不同类型暴雪特征的统计[21]，也有对海温场与降雪关系的分析[22-23]。但是，从气候角度对吉林省降雪长期变化的研究比较少，本文对降雪初、终日时空变化特征进行分析，以便更加深入地了解降雪气候特征，为降雪的预报预测和当地生产生活提供指导。

1 资料与方法

1.1 资料

选取吉林省45个气象站点（图1）1961—2015年经过严格质量控制的逐日（20时至次日20时）天气现象和降水量资料，降雪日期为某日天气现象有降雪（包括雨夹雪）记录，并且该日降雪（雨夹雪）时段有降水量（包括微量）。定义当年7月1日至次年6月30日为一个降雪年[16]，如1961年7月1日至1962年6月30日定义为1961年降雪年，以此类推，降雪初、终日分别为降雪年中第一天和最后一天的日期。500 hPa高度场资料选用美国国家环境预测中心的NCEP/NCAR再分析资料，水平分辨率为2.5°×2.5°的全球大气月平均资料，时间序列为1961—2015年。本文以大黑山山脉为界，将研究区分为东部山区和西部平原两大区域[24-25]。

1.2 分析方法

利用经验正交函数（EOF）对标准化处理后的各站降雪初、终日期序列进行分解，取分解后的前两个

① 收稿日期：2018-04-03； 修订日期：2018-09-04
基金项目：国家自然科学基金“青藏高原热力强迫与印度洋的相互作用及其对亚洲夏季风的影响”（41605038）；吉林省课题（201608）
作者简介：王丽伟（1985-），女，工程师，研究方向为气候变化与陆面过程. E-mail：wangliwei211@126.com
通讯作者：刘玉英. E-mail：ccliuyuying@126.com



图 1　吉林省气象站点分布

Fig. 1　Spatial distribution of the meteorological stations in Jilin Province

载荷向量作为典型场,并进行 NORTH 显著性差别检验;运用 Mann-Kendall 突变检验法对降雪初、终日期进行突变分析;采用趋势系数和相关分析法,计算降雪初、终日变化趋势及其与纬度和海拔的关系。趋势系数的计算公式为:

$$r_{xi} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(i - \bar{t})^2}} \tag{1}$$

式中:r_{xi}实际上是 n 个时刻的要素值与自然数列 1,2,3,…,n 的相关系数;n 为年份序号;x_i 是第 i 年的要素平均值;$\bar{x}$ 为多年平均值;$\bar{t}=(n+1)/2$ 趋势系数(r)为正(负)时,表示在分析时期内要素有线性的增加(减少)趋势。

2　结果与分析

2.1　降雪初、终日的空间分布特征

2.1.1　降雪初、终日的空间分布　近 55 a 吉林省降雪初日(图 2a)大体由东南向西北呈渐晚趋势。全省降雪开始日期最早台站是东岗(127°30′E,42°09′N;海拔 774.2 m)和长白(128°11′E,41°25′N;海拔 776.5 m),均是 10 月 11 日,西部平原整体(梨树、双辽、通榆等台站)降雪开始日期偏晚,全省平均降雪初始日期为 10 月 22 日。降雪终日(图 2b)整体自东南向西北呈渐早趋势,最晚长白站平均终日为 5 月 7 日,最早洮南站(122°45′E,45°20′N;海拔 150.5 m)为 4 月 9 日,全省平均终止日期为 4 月 18 日。东部山区降雪开始时间较早,平均首次降雪日期早于 10 月 30 日;西部平原地区开始日期较晚,平均首次降雪日期晚于 10 月 11 日,东、西部降雪初

图 2　吉林省平均降雪初、终日期的空间分布

Fig. 2　Spatial distribution of the average beginning and ending dates of snowfall in Jilin Province

日相差19 d左右。东部山区(长白、靖宇、二道等站)降雪终日偏晚,平均终止日期晚于5月7日,西部平原(通榆、白城、双辽等站)降雪终日偏早,平均终日早于4月18日,东、西部降雪终日相差也是19 d左右。由此可知,吉林省降雪初、终日存在明显空间差异:东部山区降雪开始早结束晚,西部平原地区开始晚结束早,西部平原与东部山区降雪初、终日相差19 d左右。

2.1.2 降雪初、终日异常变化的空间类型 为了研究降雪初、终日异常的变化形态,将吉林省降雪初、终日标准化后进行EOF分解,图3给出了吉林省降雪初、终日的EOF前两个载荷向量分布图。降雪初日(图3a)和终日(图3b)第一载荷向量表现为全区一致的正值,其主成分所占总体方差贡献率分别达到46.8%和45.7%,且载荷向量的最大值分别位于西部平原的德惠(125°39′E,44°32′N;海拔169.1 m)和长岭(123°58′E,44°15′N;海拔188.9 m)一带,说明西部平原是吉林省降雪初、终日异常变化的敏感地区。这表明尽管吉林省地形复杂,但是降雪初、终日的空间变化仍具有良好的一致性,这种全省一致的降雪初、终日的偏早(晚),可能是因为全省大部分地区受到相同大气环流和大尺度天气系统的影响。

降雪初日的第二载荷向量(图3c)其主成分占总体方差贡献率的8.9%,零线呈东西走向,反映出降雪初日在全省一致偏晚(早)的基础上,还有8.9%的年景可能是北早(晚)南晚(早)的变化,且载荷向量的最大值在吉林省北方位于洮南(122°45′E,45°20′N;海拔150.5 m),南方位于桦甸(126°45′E,42°59′N;海拔263.3 m),说明这两个地区是吉林省北方降雪初日偏晚(早)和南方降雪初日偏早(晚)的敏感区域。造成这种南北异常变化的原因是由于西太平洋副热带高压与南支槽配合,将南方暖湿空气向东北输送,北方冷空气和南方暖湿气流的强弱是造成全省北方降雪初日偏早(晚)和南方降雪初日偏晚(早)的主要原因[26]。降雪终日的第二载荷向量(图3d)与初日的第二模态完全不同,其主成分占总体方差贡献的8.4%,零线为南

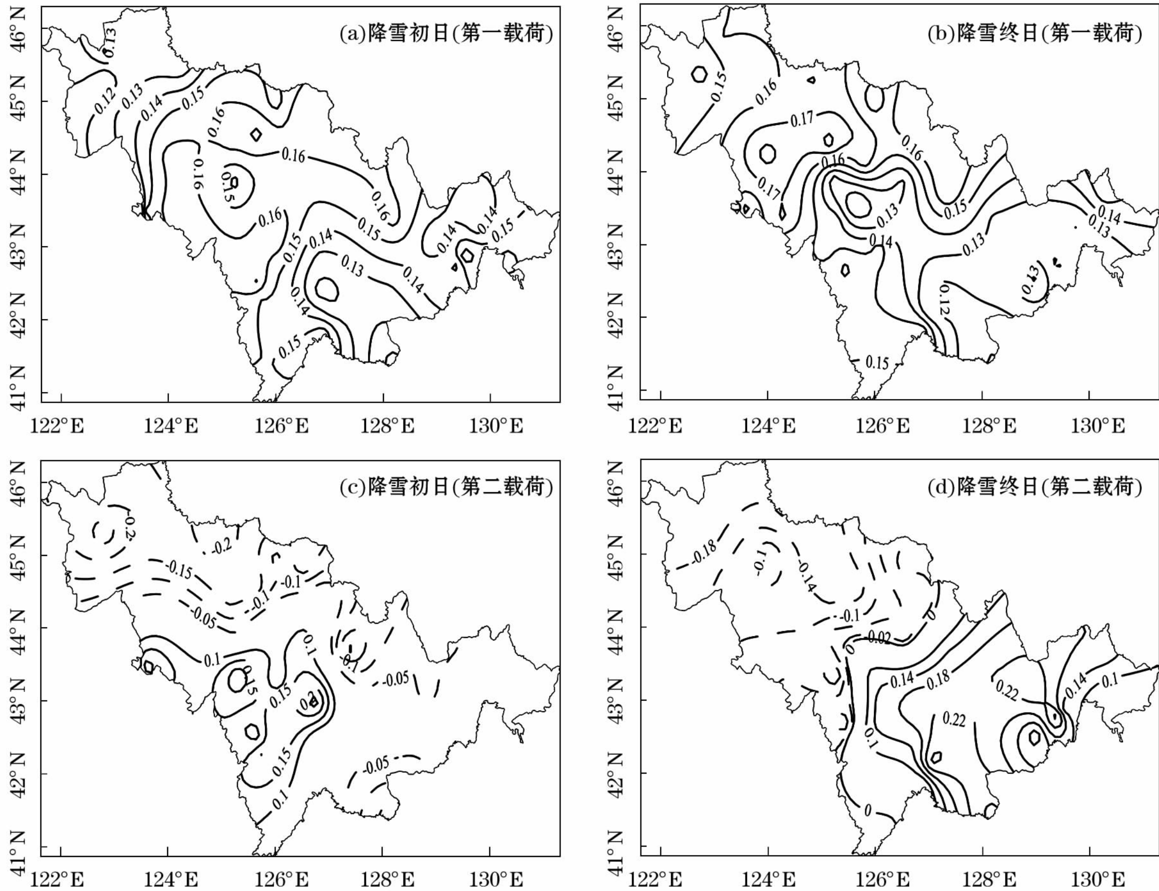


图3 吉林省降雪初、终日第一和第二载荷向量场分布

Fig. 3 The first and second loading vectors of the average beginning and ending dates of snowfall in Jilin Province

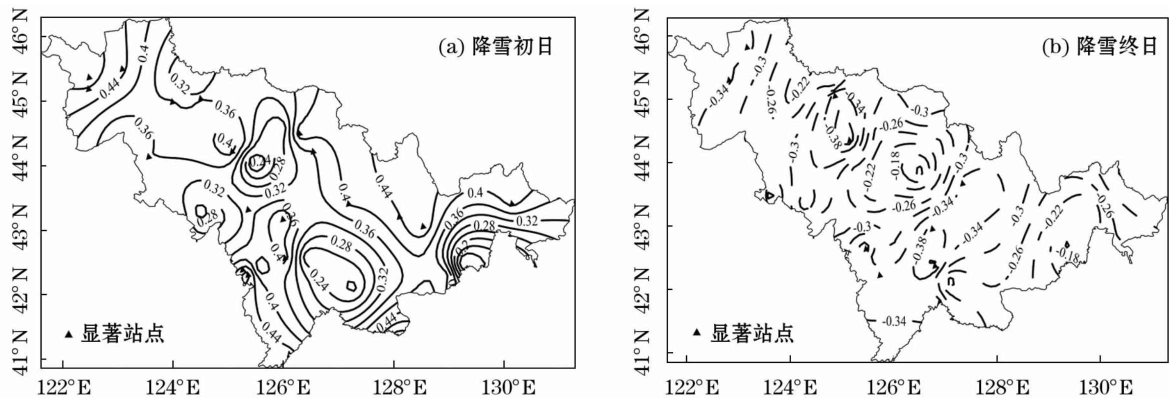


图 4　吉林省降雪初、终日趋势系数的空间分布

Fig. 4　Spatial distribution of trend coefficients of the average beginning and ending dates of snowfall in Jilin Province

北走向,反映出降雪终日在全省一致偏晚(早)的基础上,还有 8.4% 的年景可能是东早(晚)西晚(早)的变化,且载荷向量的最大值在吉林省东部位于龙井(129°24′E,42°46′N;海拔 241.1 m),西部位于洮南(122°45′E,45°20′N;海拔 150.5 m),说明这两个地区是吉林省西部降雪终日偏早(晚)和东部偏晚(早)的敏感区。造成吉林省降雪终日东西差异的主要原因与西低东高的地形有关。由上可知,在全球气候变暖背景下,吉林省降雪初、终日变化的空间模态在全省一致偏早(晚)基础的上,还有初日南北反向型和终日东西反向型。

2.1.3　降雪初、终日趋势系数的空间分布　由图 4 可以看出,吉林省降雪初日基本呈一致的正变化趋势(图 4a),表现出明显的偏晚趋势,尤以长白、梅河口、白城最为显著,共有 50% 的台站通过了 0.01 的显著性检验。降雪终日趋势系数(图 4b)全省基本为负值,表明全省的降雪终日有偏早的趋势,其中农安、靖宇、前郭最为显著,终日通过 0.01 显著性水平检验的共有 10 个台站。

2.2　降雪初、终日的时间变化特征

2.2.1　降雪初、终日旬变化和月变化　从表 1 为可以看出,降雪初日主要集中在 10、11 月,2 个月出现的概率已经超过 90%,其中以 10 月出现的概率最大,达到了 72.6%,10 月以中旬出现概率最大,达全部初始日期的 28.4%,其次是下旬,出现概率为 26.3%;11 月以上旬出现的概率最大,为 14%,其次是中旬,为 6.8%。降雪终日(表 1)主要出现在 3—5 月,以 4 月出现概率最大,达到全部终止日期的 68.7%,4 月以中旬和下旬出现概率最大,分别占 25.4% 和 23.8%;5 月以上旬和中旬出现概率最大,分别占12.4% 和5.7%。由此可知,吉林省降雪初

表 1　吉林省各月降雪初始和终止日期出现概率

Tab. 1　Occurring probabilities of average beginning and ending dates of snowfall in each month in Jilin Province　/%

降雪初始日期				降雪终止日期					
9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
4.6	72.5	22.5	0.4	0.04	0.7	11.1	68.9	19.2	0.06

日集中出现在 10 月中、下旬以及 11 月上、中旬,降雪终日集中出现在 4 月中、下旬以及 5 月上、中旬。

2.2.2　降雪初、终日的年际和年代际变化　由图 5a 可知,吉林省近 55 a 降雪初始日期最早出现在 1987 年 10 月 5 日,最晚出现在 2000 年 11 月 12 日,多年平均为 10 月 21 日,年际变化呈增加变化,倾向率为 $2.7\ d\cdot(10a)^{-1}$,说明吉林省降雪初日整体呈推迟趋势。降雪初日年代际(累积距平)变化比较清晰,表现在 1960—1980 年代为降雪初日的下降期,1990 年代为平稳期,2000 年以后到 2015 年为明显的上升期。可见,2000 年左右为降雪初日由提前到推后的转折点,为了进一步找出突变年份,对近 55 a 降雪初日进行了 M-K 检验(图 5c),降雪初日发生突变的年份在 2000 年,并且在 2007—2015 年初日推迟明显,通过了 0.05 显著性检验水平。降雪终止日期最早为 2015 年 3 月 24 日,最晚出现在 1985 年 5 月 5 日,多年平均日期为 4 月 17 日,年际变化呈下降趋势(图 5b),趋势系数为 $-2.6\ d\cdot(10a)^{-1}$,说明吉林省降雪终日整体呈提前的趋势。降雪终日同样表现出年代际波动趋势,1960 年代为平稳期,1970 年代开始急剧上升,1990 年代中期以后呈下降趋势,突变点发生在 1995 年(图 5d),1980 年、1982年的推后趋势,通过了0.05显著性水平临

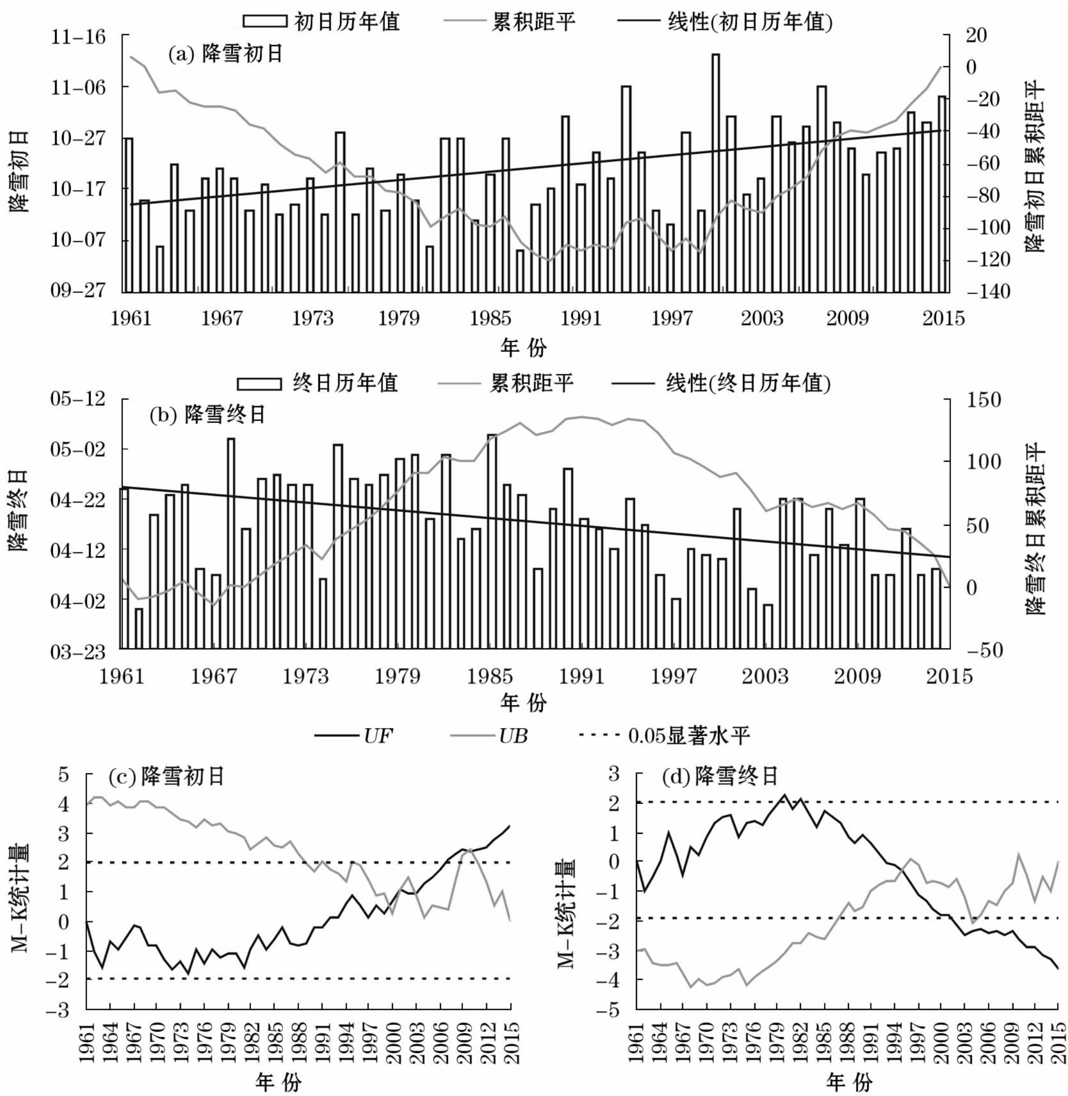


图 5 吉林省降雪初、终日的年变化及 Mann-Kendall 统计量曲线

Fig. 5 Annual changes of the average beginning and ending dates of snowfall and Mann-Kendall test in Jilin Province

界线,2002—2015 年的提前趋势也通过了 0.05 显著检验水平。所以,降雪初日年际变化表现为推迟趋势,终日表现为提前趋势,年代际变化大体上降雪初日呈现与终日相反趋势,只是突变年份不同。

2.2.3 降雪初、终日的周期 图 6a 给出了吉林省降雪初日的 Morlet 小波变换系数实部时频变化,正值区表示初日偏早,负值区表示初日偏晚。由图 6a 可以看出,降雪初日小波系数等值线在 3 ~4 a 和 7 ~9 a 时间尺度上较为密集,且发生了小波系数高、低中心的变化。降雪初日小波方差(图 6c)显示,小波方差在 4 a 和 8 a 存在极值,可以看出降雪初日在 55 a 尺度内存在 8 a 的强显著周期,此外还有 4 a 的尺度变化周期。

图 6b 为降雪终日的 Morlet 小波变换系数实部时频变化,正值区表示降雪终日偏早,负值区表示降雪终日偏晚。降雪终日小波系数等值线在 3 ~5 a 和 15 ~16 a 时间尺度上较为密集,且发生小波系数高、低值中心的变化。降雪终日的小波方差(图 6d)显示小波方差在 5 a 和 16 a 存在极值。由此可推断,吉林省降雪终日存在 5 a 的强显著周期和 16 a 的尺度变化周期。

2.3 影响因素

2.3.1 环流因素 西太平洋副热带高压是影响我国气候的一个重要环流系统,中国气象局定义了一系列的指标来表征西太平洋副高的特征,包括北界和面积指数等;通常观察和度量西太平洋副热带高压都是以 588 位势米为标准,588 等值线的范围和位置可以直接反映出副高的强弱和位置。

为了反映吉林省降雪初、终日的异常变化特征,将降雪初、终日作了标准化处理,定义标准化降雪

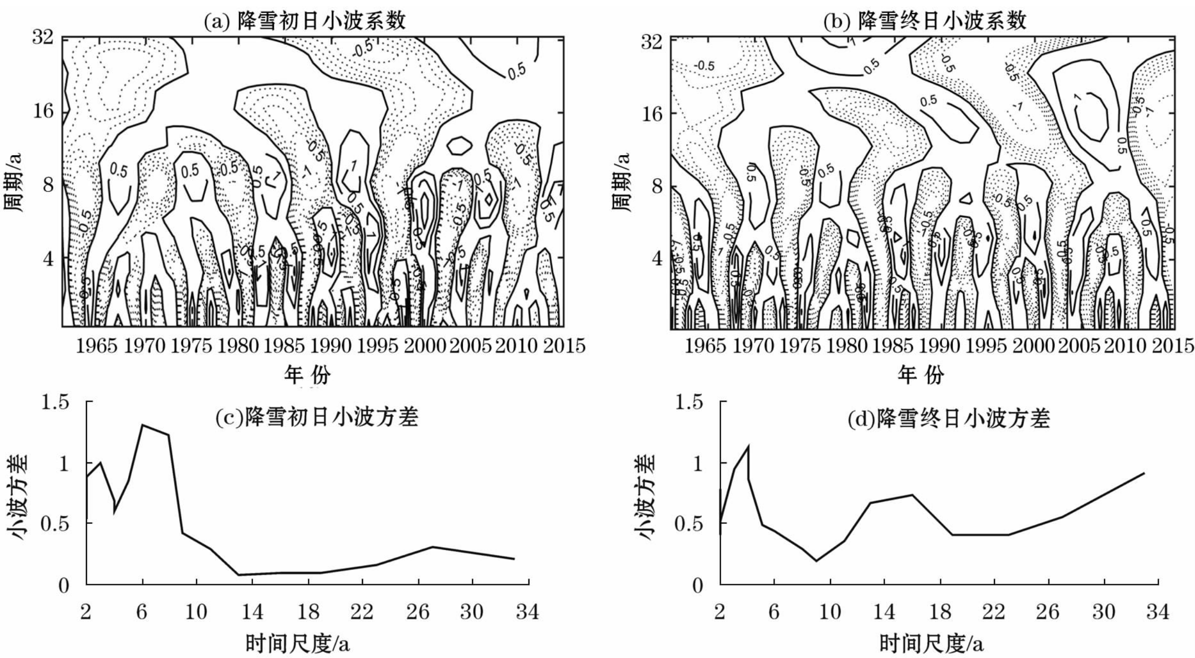


图 6　吉林省降雪初、终日的小波变换系数实部等值线(阴影为负值区)和小波方差

Fig. 6　Isolines of real part of Morlet Wavelet coefficients and wavelet variances of the average beginning and ending dates of snowfall in Jilin Province (the shade meant the area with negative value)

初、终日小于 -1.0 为降雪初、终日推后年,大于 1.0 为降雪初、终日提前年,按照这个标准得到降雪初、终日异常年份(表 2),通过降雪初、终日月分布概率(表 1),得出降雪初日集中出现在 10、11 月,终日集中出现在 3—5 月,将初日异常年份(10、11 月)和终日异常年份(3—5 月)500 hPa 高度场的合成场与 1981—2010 年同期气候平均的副高相比较,判断初、终日异常年环流变化。

表 2　降雪初、终日的异常年份

Tab. 2　Abnormal years of the average beginning and ending dates of snowfall

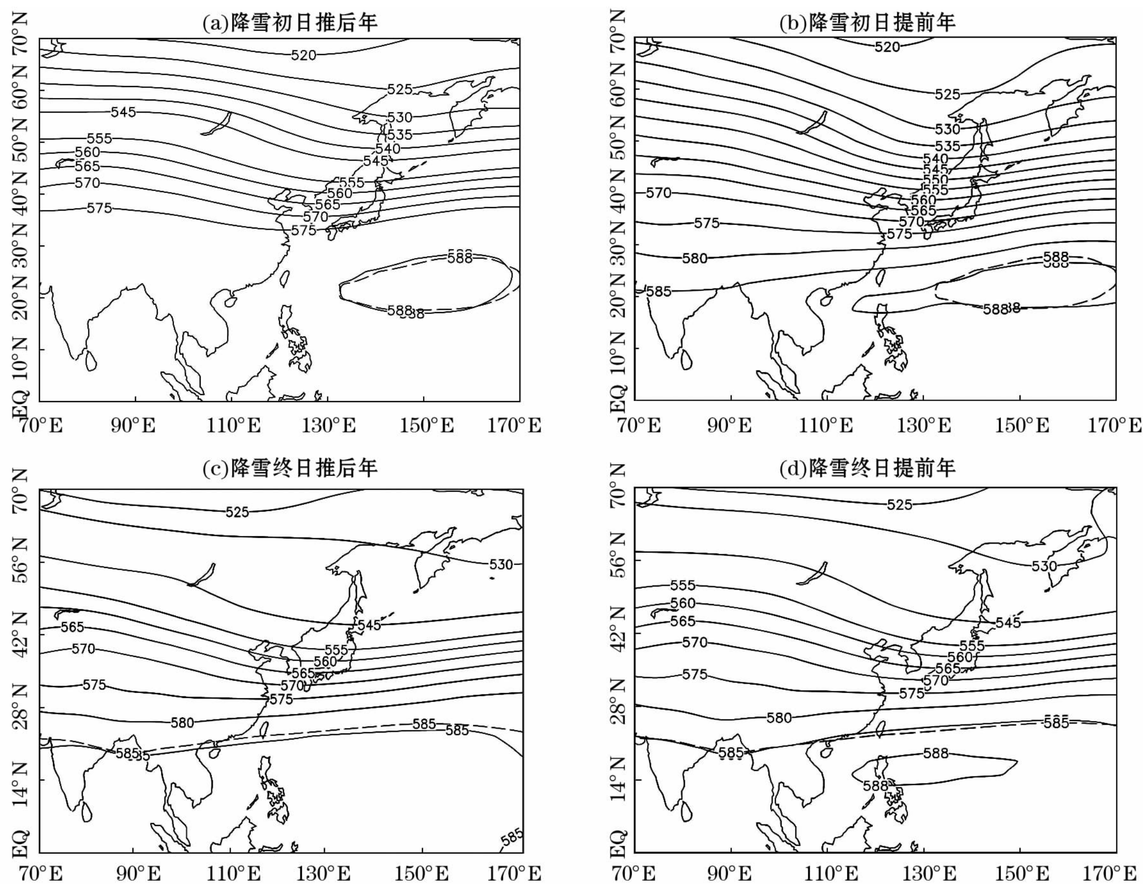
	提前年	推迟年
初日	1963,1981,1984,1987,1997	1990,1994,2000,2001,2004,2007,2013,2015
终日	1997,2002,2003,2015	1968,1975,1979,1980,1982,1985

从图 7 可以看出,500 hPa 高度场最显著的异常表现在西太平洋副热带高压的变化。降雪初日推后年(图 7a)西太平洋副热带高压面积较气候平均年面积偏小,位置偏北,降雪初日提前年(图 7b)副高面积较气候平均年面积偏大,位置偏南;降雪终日推后年西太平洋副高面积较气候平均年面积偏小、位置偏南(图 7c),降雪终日提前年副高面积较气候平均年面积偏大、位置偏北(图 7d),大气环流异常是造成吉林省降雪初、终日提前和推后的直接原因。

2.3.2　地理因素　通过对吉林省 45 个台站 1961—2015 年降雪初、终日空间基本气候分布和异常变化分析,得出降雪初、终日与台站所处地理因素有一定关系,图 8 给出了降雪初、终日与地理要素的相关关系。降雪初日随纬度升高,呈现推迟的趋势,每升高 1°降雪初日推迟 0.90 d(图 8a),随海拔升高呈提前的趋势,海拔每上升 100 m,降雪初日提前2.32 d(图 8b);降雪终日随纬度升高逐渐提前,每升高 1°降雪终日提前 3.34 d(图 8c),终日随海拔升高逐渐推后,海拔每上升 100 m,降雪终日推后 3.57 d(图 8d)。统计检验表明,降雪初日与纬度无明显关系,降雪初日与海拔高度,以及降雪终日与海拔高度、纬度相关性均比较明显,超过了 0.01 的显著性检验。所以,降雪初日随海拔的降低呈推迟趋势,而终日则随着纬度升高和海拔降低呈现提前的趋势。

3　结 论

(1) 近 55 a 吉林省降雪平均开始于 10 月 22 日,终止于次年 4 月 18 日。降雪初、终日存在明显空间差异:东部山区开始早结束晚,西部平原地区开



注:图中虚线表示1981—2010年平均的588线的位置,单位:degpm。

图7 降雪初、终日推后年和提前年500 hPa位势高度合成场

Fig. 7 The 500 hPa potential height fields for abnormal late and early years of the average beginning and ending dates of snowfall

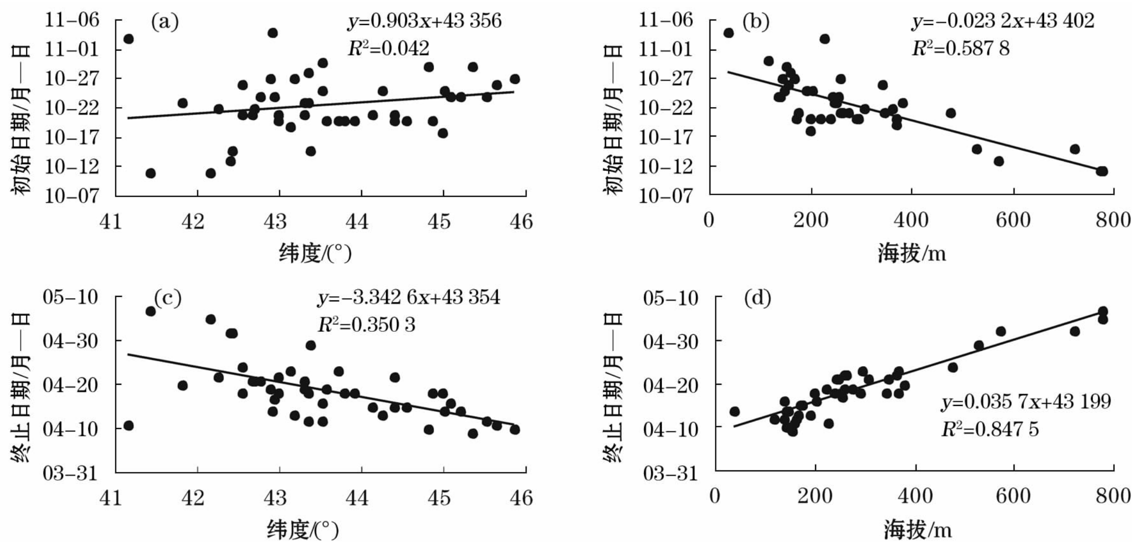


图8 降雪初、终日与纬度和海拔的关系

Fig. 8 Relationships between the beginning and ending dates of snowfall and the latitude or altitude

始晚结束早,东、西部间降雪初、终日相差19 d。

(2)在全球气候变暖背景下,吉林省降雪初、终日变化的空间第一模态为全省一致的偏早(晚)型,西部平原为降雪初、终日的变化敏感区。降雪初日

第二空间模态表现为南北反向型,降雪终日第二向量场反映了空间形态的东西差异。

(3) 吉林省降雪初日主要集中在10、11月,以10月中旬出现概率最大;降雪终日主要出现在3—5月,以4月中旬出现概率最大。

(4) 近55 a吉林省降雪初日呈推迟趋势,终日呈提前趋势。降雪初、终日存在明显突变特征,初日发生突变年份在2000年,并且在2007—2015年降雪初日推迟明显,通过了0.05显著性检验水平;终日突变点发生在1995年,2002—2015年的提前趋势通过了0.05显著水平。

(5) Morlet小波分析表明,降雪初日存在一个8 a强显著周期,还有一个4 a周期变化;降雪终日存在一个5 a强显著周期,还有一个16 a周期变化。

(6) 降雪初日推迟年西太平洋副高的面积偏小、位置偏北,提前年副高面积偏大、偏南;降雪终日推迟年副高面积偏小、位置偏南,提前年副高面积偏大、偏北。同时,降雪初、终日与纬度和海拔有着密切关系,具体表现在降雪初日随海拔的降低呈推迟趋势,而终日则随着纬度升高和海拔降低呈现提前的趋势。

参考文献(References):

〔1〕 徐兴奎. 1970—2000年中国降雪量变化和区域性分布特征〔J〕. 冰川冻土,2011,33(3):497－503.〔Xu Xingkui. Spatio-temporal variation and regional distribution characteristics of snowfall in China from 1970 to 2000〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2011,33(3):497－503.〕

〔2〕 沈永平,苏宏超,王国亚,等. 新疆冰川、积雪对气候变化的响应(Ⅰ):水文效应〔J〕. 冰川冻土,2013,35(3):513－527.〔Shen Yongping,Su Hongchao,Wang Guoya,et al. The responses of glaciers and snow cover to climate change in Xinjiang (Ⅰ): Hydrological effects〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2013,35(3):513－527.〕

〔3〕 徐兴奎,王小桃,周广庆. 中国区域降雪量和降雪频率对沙尘天气的影响作用分析〔J〕. 中国沙漠,2011,31(5):1 293－1 301.〔Xu Xingkui,Wang Xiaotao,Zhou Guangqing. Impact of snowfall amount and snowfall frequency on sand-dust events in China〔J〕. Journal of Desert Research,2011,31(5):1 293－1 301.〕

〔4〕 丁永红,冯建民,马筛艳,等. 宁夏降雪日数的气候特征和环流结构〔J〕. 气象,2012,38(12):1 523－1 531.〔DingYonghong,Feng Jianmin,Ma Shaiyan,et al. Climate characteristics of snowfall day numbers in Ningxia and structure of atmospheric circulation〔J〕. Journal of Meteorological Monthly,2012,38(12):1 523－1 531.〕

〔5〕 李海花,刘大锋,李杨,等. 近33 a新疆阿勒泰地区积雪变化特征及其与气象因子的关系〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2015,9(5):29－35.〔Li Haihua,Liu Dafeng,Li Yang,et al. Variation of snow in Altay Region in recent 33 years its relationship with meteorological factors〔J〕. Journal of Desert and Oasis Meteorology,2015,9(5):29－35.〕

〔6〕 雷向杰,李亚丽,李茜,等. 1962—2014年秦岭主峰太白山地区积雪变化特征及其成因分析〔J〕. 冰川冻土,2016,38(5):1 201－1 210.〔Lei Xiangjie,Li Yali,Li Qian,et al. The characteristics and causes of the snow cover variation in the Taibai Mountains during 1962－2014〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2016,38(5):1 201－1 210.〕

〔7〕 张志富,希爽,刘娜,等. 1961—2012年中国降雪时空变化特征分析〔J〕. 资源科学,2015,37(9):1 765－1 773.〔Zhang Zhifu,Xi Shuang,Liu Na,et al. Snowfall change characteristics in China from 1961 to 2012〔J〕. Journal of Resources Science,2015,37(9):1 765－1 773.〕

〔8〕 段长春,段旭,段苏芩,等. 近50年云南省降雪的气候变化特征〔J〕. 气象,2011,37(5):599－606.〔Duan Changchun,Duan Xu,Duan Suqin,et al. Climate variational characteristics of snowfall in Yunnan Province for the last 50 years〔J〕. Journal of Meteorological Monthly,2011,37(5):599－606.〕

〔9〕 肖王星,效存德,郭晓寅,等. 北京—张家口地区冬春季积雪特征分析〔J〕. 冰川冻土,2016,38(3):584－595.〔Xiao Wangxing,Xiao Cunde,Guo Xiaoyan,et al. Winter and spring snow cover features in Beijing-Zhangjiakou Region〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2016,38(3):584－595.〕

〔10〕 孙秀忠,罗勇,张霞,等. 近46年来我国降雪变化特征分析〔J〕. 高原气象,2010,29(6):1 594－1 601.〔Sun Xiuzhong,Luo Yong,Zhang Xia,et al. Analysis on snowfall change characteristic of China in recent 46 years〔J〕. Journal of Plateau Meteorology,2010,29(6):1 594－1 601.〕

〔11〕 刘玉莲,任国玉,于宏敏. 中国降雪气候学特征〔J〕. 地理科学,2012,32(10):1 176－1 185.〔Liu Yulian,Ren Guoyu,Yu Hongmin. Climatology of snow in China〔J〕. Journal of Scientia Geographica Sinica,2012,32(10):1 176－1 185.〕

〔12〕 刘玉莲,任国玉,于宏敏,等. 我国强降雪气候特征及其变化〔J〕. 应用气象学报,2013,24(3):304－313.〔Liu Yulian,Ren Guoyu,Yu Hongmin,et al. Climatic characteristics of intense snowfall in China with its variation〔J〕. Journal of Applied Meteorological Science,2013,24(3):304－313.〕

〔13〕 朱小凡,张明军,王圣杰,等. 1962—2012年青海省降雪初始终止日期和降雪日数时空变化特征〔J〕. 生态学杂志,2014,33(3):761－770.〔Zhu Xiaofan,Zhang Mingjun,Wang Shengjie,et al. Spatiotemporal variation patterns of the beginning and ending dates of snowfall and snowfall days in Qinghai Province during 1962 to 2012〔J〕. Chinese Journal of Ecology,2014,33(3):761－770〕

〔14〕 孙秀忠,孙照渤,罗勇. 1960—2005年东北地区降雪变化特征研究〔J〕. 气象与环境学报,2010,26(1):1－5.〔Sun Xiuzhong,

Sun Zhaobo, Luo Yong. Characteristics of snowfall from 1960 to 2005 in Northeast China〔J〕. Journal of Meteorology and Environment, 2010, 26(1): 1 – 5.〕

〔15〕赵春雨,王冀,严晓瑜,等. 东北地区冬季降雪的气候特征及其区划〔J〕. 自然灾害学报,2009,18(5):29 – 35.〔Zhao Chunyu, Wang Ji, Yan Xiaoyu, et al. Climatic characteristics and regionalization of winter snowfall in Northeast China〔J〕. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(5): 29 – 35.〕

〔16〕赵春雨,王颖,李栋梁,等. 辽宁省冬半年降雪初终日的气候变化特征〔J〕. 高原气象,2010,29(3):755 – 762.〔Zhao Chunyu, Wang Ying, Li Dongliang, et al. Climate change characteristic of the beginning and ending dates of snowfall in winter half year of Liaoning Province〔J〕. Plateau Meteorology, 2010, 29(3): 755 – 762.〕

〔17〕周晓宇,赵春雨,崔妍,等. 辽宁省不同等级降雪变化特征〔J〕. 冰川冻土,2017,39(4):720 – 732.〔Zhou Xiaoyu, Zhao Chunyu, Cui Yan, et al. Variation characteristics of different levels of snow in Liaoning Province〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology, 2017, 39(4): 720 – 732.〕

〔18〕王颖,赵春雨,严晓瑜,等. 1961—2007 年辽宁省降雪量和降雪日数的气候变化特征〔J〕. 冰川冻土,2011,33(4):729 – 737.〔Wang Ying, Zhao Chunyu, Yan Xiaoyu, et al. Changing characteristics of snowfall and snowfall days in Liaoning Province during 1961 – 2007〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(4): 729 – 737.〕

〔19〕王丽娜,王团团,祝青林,等. 1961—2013 年大连地区降雪变化及成因分析〔J〕. 气象与环境学报,2015(5):128 – 133.〔Wang Lina, Wang Jianjian, Zhu Qinglin, et al. Characteristics of snowfall and its possible cause in Dalian from 1961 to 2013〔J〕. Journal of Meteorology and Environment, 2015(5): 128 – 133.〕

〔20〕张黎红,尹远渊,祝青林,等. 气候变暖背景下大连地区积雪变化特征分析〔J〕. 中国农学通报,2015,31(20):219 – 223.〔Zhang Lihong, Yin Yuanyuan, Zhu Qinglin, et al. Variation of snow cover in Dalian under global climate warming〔J〕. Journal of Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(20): 219 – 223.〕

〔21〕孙钦宏,丑士连,李烨,等. 吉林省中南部强降雪过程的雷达特征统计分析〔J〕. 气象灾害防御,2015,22(3):9 – 11.〔Sun Qinhong, Chou Shilian, LI Ye, et al. Statistical analysis of radar characteristics of severe snowfall in Central and Southern Jilin Province〔J〕. Journal of Weather Disaster Defense, 2015, 22(3): 9 – 11.〕

〔22〕苏丽欣,王美玉,李嵩. 吉林省降雪期的气候特征机理研究〔J〕. 气象灾害防御,2014,21(4):6 – 9.〔Su Lixin, Wang Meiyu, Li Song. Study on the climatic characteristics of the snowfall period in Jilin〔J〕. Journal of Weather Disaster Defense, 2014, 21(4): 6 – 9〕

〔23〕王晓明,孙妍,云天,等. 1961—2010 年吉林不同类型暴雪天气气候特征〔J〕. 高原气象,2015,34(4):1 139 – 1 148.〔Wang Xiaoming, Sun Yan, Yun Tian, et al. Climatological characteristics of different type heavy snowfall weather in Jilin during 1961 – 2010〔J〕. Journal of Plateau Meteorology, 2015, 34(4): 1 139 – 1 148.〕

〔24〕傅帅,蒋勇,徐士琦,等. 1960—2015 年吉林省积雪初、终日期变化特征及其与气温和降水的关系〔J〕. 干旱气象,2017,35(4):567 – 574.〔Fu Shuai, Jiang Yong, Xu Shiqi, et al. Spatial and temporal variation characteristics of the onset and melting dates of snow cover and its relationship with air temperature and precipitation in Jilin Province during 1960 – 2015〔J〕. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(4): 567 – 574.〕

〔25〕刘玉英,李宇凡,张婷,等. 吉林省雾的气候特征及变化成因分析〔J〕. 地理科学,2015,35(8):1 060 – 1 066.〔Liu Yuying, Li Yufan, Zhang Ting, et al. The climatic characteristics and causes of fog days in Jilin Province〔J〕. Journal of Scientia Geographica Sinica, 2016, 35(8): 1 060 – 1 066.〕

〔26〕李尚锋,孙钦宏,姚耀显,等. 东北夏季极端低温天气事件的定义及其冷空气路径分析〔J〕. 地理科学,2014,34(2):249 – 256.〔Li Shangfeng, Sun Qinhong, Yao Yaoxian, et al. Definition of extreme low-temperature events over Northeastern China in summer and the related cold air path〔J〕. Journal of Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(2): 249 – 256.〕

Spatiotemporal Change of the Beginning and Ending Dates of Snowfall in Jilin Province

WANG Li-wei[1], HUANG Xiao-long[2], XU Hui[1], REN Jing-quan[3], MA Yun-fei[1], LIU Yu-ying[1]

(1. *Jilin Meteorological Information Centre*, *Changchun* 130062, *Jilin*, *China*;

2. *Sichuan Province Key Laboratory of Rainstorm and Drought-flood Disasters in Plateau and Basin*, *Sichuan Meteorological Observation and Data Centre*, *Chengdu* 610072, *Sichuan*, *China*;

3. *Jilin Institute of Meteorological Sciences*, *Changchun* 130062, *Jilin*, *China*)

Abstract: The spatiotemporal changes of the beginning and ending dates of snowfall in Jilin Province were analyzed based on the data of daily precipitation and weather phenomena during the period of 1961 – 2015. The results showed that there were the spatial differences of the beginning and ending dates of the snowfall in Jilin Province, the beginning time of snowfall in the eastern mountainous area was early but the ending time was late, the ending time of snowfall in the western plain was early but the beginning time was late, the average snowfall dates began on October 22 and ended on April 18 next year. The first spatial pattern of beginning and the ending dates of snowfall was the early (late) pattern in the whole province. The second spatial pattern of beginning dates were the north-south reverse pattern, and the second spatial pattern of ending dates was the east-west reverse pattern. The beginning dates of snowfall occurred mainly in October and November, especially in mid-October, and the ending dates occurred mainly in April and May, especially in mid-April. There was a significant 8-year period of beginning dates of snowfall and a significant 5-year period of ending dates. There was a direct relationship between the beginning and ending dates of snowfall and the atmospheric circulation, the area of the West Pacific subtropical high was smaller and farther northward in the late years of the beginning dates but larger and farther southward in the early years. The area of the West Pacific subtropical high was smaller and farther southward in the late years of the ending dates of snowfall but larger and farther northward in the early years. The beginning and the ending dates of snowfall were also related to the geographical factors, they delayed with the decrease of altitude, while the ending dates became earlier with the increase of latitude and the decrease of altitude.

Key words: snowfall; beginning date; ending date; spatiotemporal variation; Jilin Province